

## 画像処理技術を用いた CAM システム\*

星 野 英 夫\*\* ・ 柳 和 久\*\*

### CAM System by the Use of Image Processing Techniques

Hideo HOSHINO and Kazuhisa YANAGI

Image processing techniques have been applied to various fields of engineering technology. Owing to the improvements of electronic circuits for image processing, it has become easy to utilize the related equipments even in NC machining.

In this report a practical CAM system for a machine shop is presented, which reproduces the object image pickpuped by a camera and a fast A/D converter as a machined pattern of many holes on a transparent plate. And its representative image processing techniques developed for this CAM system and data conversion procedure from original brightness imformation to NC machining data are also described. Then a example of cutter geometry for the fast drilling of many small-diameter holes is proposed.

**Key words:** NC Machining/Image Processing/ Dot Pattern/Small-diameter Drill/Image Reproduction

#### 1. はじめに

画像処理技術は工学分析において古くから利用されているが、近年、その周辺技術の進展には目覚ましいものがある。その背景には、ハードウェアの進歩や生産コストの低下という工業界の貢献があり、それにともない画像処理技術に関する研究が盛んに行われるようになってきた。この画像処理技術は、医用画像処理・パターン認識・表面傷の検査等の広い分野で応用されている。最近では、画像処理における前処理（強調、平滑化など）、特徴抽出が、FORTRAN 言語で簡単に処理できる SPIDER などが市販されている。

画像処理法の基本的ソフトウェアとしては、濃淡画像の処理、2 値画像の処理、線図形の処理等が挙げられるが、画像処理のテクニックには種々の方法があり<sup>2)</sup>、用途、目的に応じて適切な画像処理技法<sup>3)</sup>が、要求されている。

今回は、そのような画像処理技法を NC 機械加工に応用し、ハンドメイドの CAM システムを試作した。このシステムは、CCD カメラ等で撮像した画像情報を、基本的な画像処理技術を応用してカッターパスを

算出し、NC データに変換する擬似的な DNC 加工システムである。画像の輝度情報は小径穴の大きさに変換し、キリ状の特殊刃物または小径ドリルを用いてアクリル板に加工する。そして、この画像輝度情報をもった小径穴を、メッシュ状にあけることにより、撮像された像をパターンとして再現できる。以下に、この画像処理の方法、および加工する上での画像データ濃度値とドットの大きさととの対応の考え方を報告する。

#### 2. 画像処理装置

図 1 に本処理システムの概要を示す。CCD カメラにより、撮像された情報は、画像処理装置 IFM/PC（三谷電子製）に取り込まれ、ホストコンピュータ（NEC PC9801）のメインメモリ上に位置する画像メモリに記憶される。その後、BASIC 言語で書かれたプログラムエリアと画像メモリとの間のリード/ライト操作が行われ画像データ処理が進められる。第三節に述べるステップで画像処理された情報は、NC 加工データに変換され、いったん FD へ書き込まれる。その FD を NC 装置にセットし、DNC 加工を行う構成としている。本システムに用いられている画像処理装置 IFM/PC の特徴は、

(1) 画像メモリが、PC-9801 のメインメモリ上に位置する。すなわち、撮像された情報は、高速 A/D 変換され、ホストコンピュータのメモリ上に直接転送され

原稿受付：昭和 63 年 4 月 4 日

\*昭和 62 年度名古屋大学プラズマ研究所技術研究会にて発表、1988. 3. 30

\*\*長岡技術科学大学工作センター

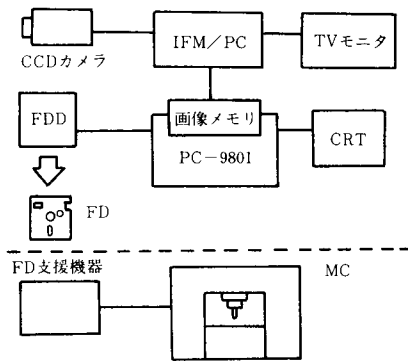


図1 本システム概要

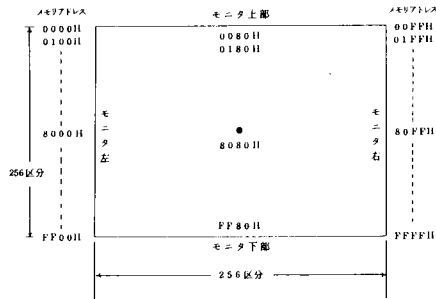


図2 モニタ表示部とメモリアドレスの対応

る。

(2) 一画面 256×256 画素, 64 輝度レベルで記憶される。

(3) データのサンプリング時間は, 1 フレーム 1/60 秒。

(4) メモリは, 2 画面分が用意されている。

(5) BASIC 言語で簡単にデータの操作ができる。などが挙げられる。なお, モニタ表示部とメモリアドレスは, 図2に示すように1画素1アドレスに対応している。また, 画像処理した情報を NC 加工データに変換すると 100 KB 以上の容量となるため, 従来の NC 紙テープに出力すると, 200 m 以上 (紙テープ1巻: 約 200 m) が必要となる。そのため, NC 装置の FD 支援機器は, 本システムにおいて重要な役割を担っている。FD 支援機器は, 以下の特徴を持つ CAM-MA-TE 52R (岡田鋼機製) を使用した。

(1) RS232C インターフェースを経由して, FD 内の NC データを NC 装置に転送する。

(2) R.B.U (リモートバッファユニット) を利用して FD による DNC が可能。

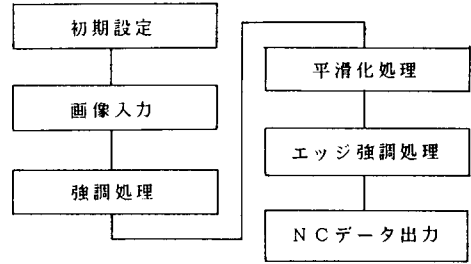


図3 画像処理手順

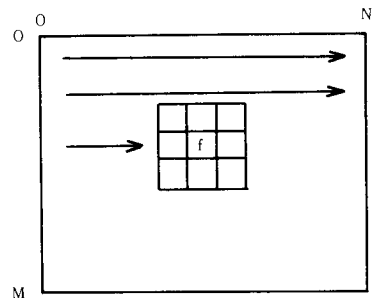


図4 ラスタ走査の下での逐次型処理

(3) 2台のFDDを装備している。FD 1枚につき紙テープ長で約3100 m, 最大192ファイルまで管理可能。

## 1. 画像処理のアルゴリズム

本システムで行う画像処理手順を図3に示す。

まず, プログラムの先頭には画像メモリ等を初期設定するルーチンが置かれている。撮像された画像データは, 画像メモリに取り込まれ, 強調処理, 平滑化処理, エッジ強調処理を経て, NC データに変換され, FD へ書き込まれる。本システムの画像処理における画像データの走査方法は, 図4に示すようなラスタ走査下において, あらかじめ設定した画像データ処理エリア内を画面左から右, 上から下へと走査しながら画像処理を進める逐次型処理を採用した。

### a. 強調処理

強調処理とは, 一般に不鮮明な画像を鮮明に見せるための変換処理をいう。その一手法に, 濃度値を付け直すことにより画像の細かい濃度値の変化 (細かい特徴) をわかりやすくする濃度ヒストグラム変換がある。その中には, ヒストグラムを線形に広げるように濃度値を変換させる「ヒストグラムの部分拡大」と, ヒストグラム中の各度数がほぼ等しくなるように濃度値を

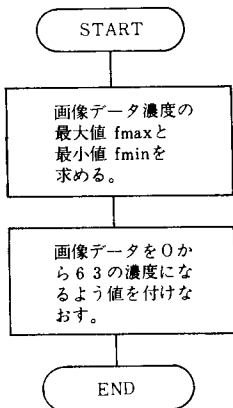


図5 強調処理 (ヒストグラムの部分拡大)

付け直す「ヒストグラムの平坦化」とがあるが、今回は前者の「ヒストグラム部分拡大」を採用した。図5に強調処理 (ヒストグラムの部分拡大) の概略を示す。まず画像データ処理エリア内を一度走査し、画像データ濃度の最大値 fmax と最小値 fmin を求める。それに基づいて再度走査し、式(1)により、画像データ濃度が 0~63 に分布するような値を付け直し終了する。

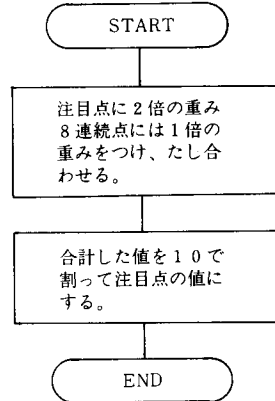
$$g(i, j) = (f(i, j) - fmin) * (63 / (fmax - fmin)) \quad (1)$$

これによりコントラストが明確な画像となる。(図 12 b))

#### b. 平滑化処理

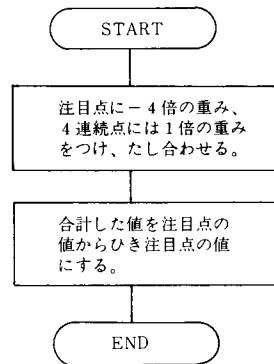
ランダムなノイズが画像データ内に含まれていると画像が見えにくくなる。これらのノイズを除去するために平滑化処理手法を用いる。この処理には、フィルタ処理による方法とフーリエ変換を用いる方法とがあるが、今回は、前者による方法を採用した。注目点を中心とした近傍領域内の画像データ濃度値を総て加算した結果より、出力データを得るという操作を行う。多くの画像データ処理濃度値を加算することにより、平均化された滑らかな値が得られるが、今回は近傍領域を 8 連続点とすることにし、更に重みづけをして加算した。図6にその平滑化処理法を示す。注目点には 2 倍の重み、8 連続点には 1 倍の重みをつけて加算する。その加算した値を 10 で割り、その商を注目点の値に付け直し終了する。式(2)により、出力データが得られる。

$$g(i, j) = (2f(i, j) + f(i-1, j-1) + f(i, j-1) + f(i+1, j) + f(i+1, j) + f(i-1, j+1) + f(i+1, j+1)) / 10 \quad (2)$$



1	1	1
1	2	1
1	1	1

図6 平滑化処理



	1	
1	-4	1
	1	

図7 エッジ強調処理 (ラプラシアンフィルタ)

この平滑化処理を処すと滑らかな画像が得られるものの、反面はやけた画像となる。(図 12 c))

#### c. エッジ強調処理 (ラプラシアンフィルタ)

平滑化処理を行うとノイズ除去には効果的であるが、エッジの部分が鈍ってしまう。この対応策として、平滑化処理の内ではメディアンフィルタ方式とエッジ保存フィルタ方式があるが、今回は、平滑化処理の後に強調処理の一つであるエッジ強調処理を用いることにした。そのなかのラプラシアンフィルタを用いた処理を行う。ラプラシアンフィルタをかけた結果を原画像データから差し引くとエッジ部分の鮮明な像が得られる。図7にラプラシアンフィルタを用いたエッジ強調処理法を示す。注目点に -4 倍の重み、4 連続点には 1 倍の重みをつけ加算することにした。その結果を注目点から差し引き、注目点の値に置き換える。式(3)により出力データが得られる。



図8 16階調

$$g(i, j) = 5f(i, j) - f(i, j-1) - f(i-1, j) - f(i+1, j) - f(i, j+1) \quad (3)$$

上述したような前処理を行うことにより、ノイズ除去が行われたコントラストの明確な64階調の画像が得られた。(図12d)この後、走査順序に対応させて、各画素における画像データ濃度値をZ方向切込み量に変換し、NC加工データとして出力し、FDへ書き込むことにした。

#### 4. 濃度値によるNC穴あけ加工

新聞の写真等を拡大してみるとドットの集まりであることがわかる。それは写真に1インチ当り65ケの網点が45度に並んだメッシュ状のコンタクトスクリーンをのせ、ライトを当てるという処理がなされている。その反射する光に応じ暗いところは大きなドットに、明るいところは小さなドットになる。この方法を今回

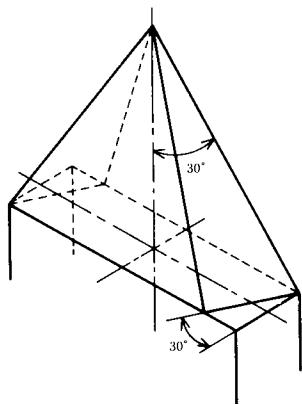


図9 特殊刃物の先端形状



図10 64階調

のCAMシステムに応用し、ドットの大きさを小径ドリルの直径に置き換えることにより、アクリル板に画像処理データを再現する技法を開発した。64階調をそのまま穴の大きさとして表すには63本の小径ドリルが必要になって現実的でないので、まず64階調を16階調に変換し、小径ドリル15本で切削を行うことにした。ドリルの径は、ドットの大きさ(面積比)に比例させて割り当てた。図8に加工例を示す。この段階では小径ドリルを使用しているため、新聞の写真のようにドットとドットの重なりが表現できないので、本来の0階調濃度(黒)とはならない。また、16階調で表しているため元の画像が完全に再現できたとは言いがたい。そこで、64階調のものは64階調で表すのが望ましいという立場から加工法の改良を試みた。穴の直径にして約 $\phi 0.1$  mmから $\phi 0.5$  mm位までを任意に加工できるような刃物があれば、切込み深さを制御するだけで任意の小径穴が得られることになる。図9に示すようなキリ状の特殊刃物を考案し、当工作センターで製作した。その刃物を用い、64階調でアクリル板に穴あけ加工をした。図10にその加工例を、図11にこのときの濃度値とドット大きさとの対応を示す。16階調の加工例とは違い、ドットとドットの間隔を小さくすることや、ドットとドットの重なりも表現できたこ

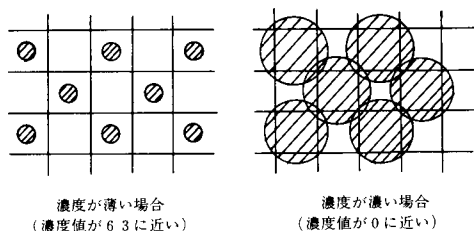


図11 濃度値とドット大きさとの対応



図 12 a) 原画像



b) 強調処理後



c) 平滑化処理後



d) エッジ強調処理後



e) 加工製品

とで、コントラストがはっきりと表わせ、リアルなパターンとして再現することが可能となった。また、階調濃度を濃いものは薄く、薄いものは濃くというように反転させることにより、印かきを製作するシステムにも拡張することができた。キリ状の刃物を用いることは、以上のような効果が得られる他にも小径ドリルに比べ切削速度を一桁早くできたことや、加工穴が円錐形をしているため、通常の小径ドリル穴に比べインク（セイコーアドバンス #2500）の保持性が良く、加工後の後工程にも多くのメリットが生じた。画像処理の様子と製作品の一例を図 12 に示す。この品物のデータは、FD に 454 KB の容量を持ち、ドットの数はいく約 22000 個、紙テープ長にすると 1157 m、加工時間は MC（浦和製作所 UB-75）5.5 h であった。

## 5. 結 言

CCD カメラ、画像処理装置、パーソナルコンピュータ、FD 支援機器、マシニングセンタを機能的に連結させ、基本的な画像処理技術（強調処理、平滑化処理）を用いたハンドメイドの CAM システムを完成することができた。本システムは、画像データ濃度値をドットの大きさに対応させ、切込み量制御で穴あけ加工し、元の画像を再現させるシステムである。将来、画像処理機器のハードウェア等が進歩し、安価なシステム構成となることは必至である。今後は、更に画像処理技術を利用したいろいろな CAM システムが開発されると思われる。

なお、本 CAM システムにおいて、任意径のドットを加工する段階で、キリ状の特殊刃物を考案し、当工作センターで成形研削できたことは、64 階調を表現できる大きな要因となった。また、切削速度を小径ドリルの加工に比べ一桁早くできたことなど、付随して開

発した技術は多大であったといえる。

### 参考文献

- 1) 高木幹雄，鳥脇純一郎，田村秀行(編)：画像処理アルゴリズムの最新動向，新技術コミュニケーションズ (1986)
- 2) 長谷川純一，興水大和，中山晶，横井茂樹：画像処理の基本技法 (技法入門編)，技術評論社 (1986)
- 3) 藤田浩宣：レーザ光干渉方式による平面形状偏差測定の自動化，長岡技術科学大学大学院修士課程工学研究科修士論文 (1986)